



(21) Aktenzeichen: P 35 05 429.8
 (22) Anmeldetag: 16. 2. 85
 (43) Offenlegungstag: 21. 8. 86

Behördeneigentum

(71) Anmelder:

Waldburg-Zeil, Georg, Fürst von, 7970 Leuchtkirch,
DE

(74) Vertreter:

Eisele, E., Dipl.-Ing.; Otten, H., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.,
Pat.-Anw., 7980 Ravensburg

(72) Erfinder:

Kleineidam, Eberhard, 7971 Aichstetten, DE;
Fröhlich, F.S., 7967 Bad Waldsee, DE

(54) Verfahren zur energetischen Verwertung von feuchten Holzabfällen und Rinden

Es wird ein Verfahren zur Verwertung von Holzabfällen und Rinde o. dgl. mit hohem Feuchtigkeitsgehalt vorgeschlagen, bei welchem das Gut in einer Holzvergasungsanlage verschwelt und in einem Verbrennungsmotor in mechanische, in einem darauffolgenden Generator ggf. in elektrische Energie umgewandelt wird. Zur Erzielung eines wirtschaftlichen Verfahrens zur Verwertung von wertlosen Biomassen wie feuchte Holzreste bzw. Rinde wird die gesamte Prozeß-Abwärme zur Trocknung des zu verarbeitenden Gutes herangezogen, wobei ein Gesamtausnutzungsgrad von ca. 80% erreicht wird. Dies sind insbesondere die Abwärme des Verbrennungsmotors sowie Abwärme der Gaskühlung.

Anmelder: Fürst Georg von Waldburg-Zeil
Schloß Zeil 3505429
7970 Leutkirch 1

amt. Bez.: "Verfahren zur energetischen Verwertung von feuchten Holzabfällen und Rinden"

A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur energetischen Verwertung von feuchten Holzabfällen und Rinden mit einer Holzvergasungsanlage mit insbesondere einem Gaserzeugungsreaktor, einem Gaskühler und einem Gasverbrennungsmotor, dadurch gekennzeichnet, daß dem Gaserzeugungsreaktor (14) eine Trocknungsanlage (13), insbesondere ein Durchlauftrockner vorgeschaltet ist, wobei als Trocknungswärme ausschließlich die Abwärme von abwärmeerzeugenden Aggregaten wie Abwärme des Verbrennungsmotors (21, 22), (Auspuffwärme, Kühlwasserabwärme), Abwärme des Gaskühlers (23) verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die gesamte anfallende Wärme einem Durchlauftrockner (13) zuführbar ist, der aus einem landwirtschaftlichen Satztrockner oder Silotrockner besteht und im unteren Bereich eine "Untenentnahmefräse" aufweist, mittels welcher das getrocknete Material

ORIGINAL INSPECTED

oberhalb eines Siebbodens kontinuierlich ausgetragen wird, wobei zur Trocknung einer Luftmengenmischung mit Frischluftzusatz (25) zur Abwärmeluft (21 bis 24) erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Luftfeuchte-Differenzmessung am unteren Eintritt der Trocknungsluft des Durchlauftrockners stattfindet, und daß der kontinuierliche Austrag des getrockneten Gutes in Abhängigkeit der gemessenen Feuchtedifferenz erfolgt, wobei eine Restfeuchte von < 20 % notwendig ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der kontinuierliche Austrag des Gutes bei Überschreitung einer Restfeuchte von 20 % gestoppt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das zu verwertende Material wie Rinde, Holzstückchen, Äste usw. (10) zunächst einem Zerkleinerer, insbesondere Rotorhacker (11) zugeführt wird, zur Erzeugung einer Stückgröße von < 40 mm, daß eine Sortieranlage bzw. Siebanlage (12) einen Feingutanteil von < 10 % herstellt, daß das Gut (10) einer Trocknungseinrichtung, insbesondere einem Durchlauftrockner (13) zugeführt und auf eine Restfeuchte von ca. 20 % getrocknet wird und daß das getrocknete Material in an sich bekannter Weise in einem Gaserzeuger (14) vergast, anschließend das Gas in einem Gaskühler (15) gereinigt

und schließlich einem Verbrennungsmotor (17), vorzugsweise mit Generatoranschluß (18) zugeführt wird, wobei die Abwärme aus dem Verbrennungsmotor (17) (Leitung 21, 22), die Abwärme der Gas- kühlung (15) (Leitung 23) sowie ggf. die Abwärme der Vergasungs- anlage (14) (Leitung 24) dem Durchlauftrockner (13) zugeführt wird.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur energetischen Verwertung von feuchten Holzabfällen und Rinden mit einer Holzvergasungsanlage mit insbesondere einem Gaserzeugungsreaktor, einem Gas- kühler und einem Gasverbrennungsmotor.

Die Gewinnung von Energie aus Biomasse, d. h. aus Abfällen der holzverarbeitenden Industrie sowie der Landwirtschaft ist bekannt. So werden in einem mehrstufigen Verfahren die Holzabfälle zunächst zerkleinert und danach einer Vergasungsanlage zur Holzvergasung zugeführt. Im Vergasungsreaktor wird durch Schwelung das Gas gebildet und im Glutbett die flüchtigen Bestandteile gecrackt. So wird ein sauberes, teer- und phenolfreies Gas erzeugt. Das bis zu 500° C heiße Gas wird gekühlt und gereinigt. Das Gas kann dann einem Gasverbrennungsmotor zugeführt werden, zur Erzeugung mechanischer Energie. Ein nachgeschalteter Generator dient zur Erzeugung elektrischer Energie. Bei den bekannten Anlagen ist es vorgesehen, daß das Kühlwasser sowie die Abgaswärme zu Heizzwecken oder als Prozeßwärme weiter verwendet werden kann.

Neben dem energetischen Effekt sind Holzabfälle und Rinden in der Forstwirtschaft, aber auch auf zentralen Aufarbeitungsplätzen, inzwischen zu einem erheblichen Forstschutzrisiko geworden, da Schadinsekten und andere Holzzerstörer darin Brut und Vermehrungsraum im Überfluß vorfinden, so daß ein zweiter ökologischer und wirtschaftlicher Vorteil durch die erfindungsgemäße Ver-

wertung zu erwarten ist.

Das entscheidende Hemmnis bei bisherigen Verwertungsverfahren oder -ansätzen war stets der hohe Feuchtigkeitsgehalt dieser Abfälle. Die Anwendung der Vergasung bzw. anderer rückstands-freier Verbrennungen überhaupt ist nur bei Feuchtigkeitsgehalten von < 20 % atro möglich.

In der Vergangenheit hat es sich gezeigt, daß der Energieaufwand zur Trocknung von in großen Mengen anfallenden Rinden etc. mit hohem Feuchtigkeitsgehalt derart groß ist, daß der Energiegewinn aus dem Holz die aufzuwendende Energie nicht deckt. Deshalb hat man das bekannte Verfahren zur Energiegewinnung durch Vergasung im wesentlichen nur für trockene Hölzer angewandt, während Rinden, insbesondere Fichtenrinden mit hohem Feuchtigkeitsanteil anderweitig verwertet wurden, so als Abdeckmaterialien für Gärten, Parks oder als Torfsubstitut. Wegen des hohen Energiebedarfs zur Trocknung derartiger Rinden und Holzabfälle hat man jedenfalls eine wirtschaftliche Verwertung durch Vergasung nicht in Betracht gezogen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das bekannte Verfahren zur Energiegewinnung durch Vergasung derart weiter zu bilden, daß hiermit auch Biomassen, insbesondere Rinden und Holzabfälle mit sehr hohem Feuchtigkeitsgehalt wirtschaftlich verwertet werden können.

Diese Aufgabe wird ausgehend von einem Verfahren der einleitend bezeichneten Art erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Kern der Erfindung ist es, das bekannte Verfahren zur Energiegewinnung durch Vergasung mittels einer Holzgas-Kraftanlage derart zu optimieren bzw. zu ergänzen, daß selbst - entgegen allen Vorurteilen - Holzmaterialien wie Holzabfälle und Rinden mit sehr hohem Feuchtigkeitsanteil noch sinnvoll verwertet werden können. Dies geschieht insbesondere dadurch, daß die Abwärme sämtlicher Prozeßvorgänge, insbesondere die Abwärme des Verbrennungsmotors und der Gaskühlungsanlage konsequent zur Trocknung der feuchten Rinden usw. verwendet werden. Hierdurch kann das bekannte Verfahren wirtschaftlich auch zur Verwertung von Holzabfällen mit hohem Feuchtigkeitsgehalt angewandt werden.

Weitere Ausgestaltungen und Verbesserungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen aufgeführt. Besonders vorteilhaft ist es, wenn als Trocknungsvorrichtung eine an sich bekannte Siloeinrichtung, die zu einem kontinuierlich arbeitenden Durchlauf-trockner weiterentwickelt wurde, zur Speicherung und zum Trocknen des Holzgutes verwendet wird. Dabei erfolgt eine Luftmengen-mischung zur Erzielung der notwendigen Luftmenge bei geeigneter Trocknungstemperatur.

Gemäß der Weiterbildung der Erfindung nach Unteranspruch 3 er-

folgt eine Differenzmessung am unteren Ausgang des Trocknungs-
silos zur Ermittlung des Restfeuchtigkeitsgehalts der auszu-
tragenden Biomasse.

In Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß der kon-
tinuierliche Austrag der Biomasse aus dem Trocknungssilo bei
Überschreitung einer Restfeuchtigkeit gestoppt wird.

Der Ausbildung der Erfindung nach Unteranspruch 5 verbindet die
einzelnen vorteilhaften Verfahrensschritte miteinander.

Der Verfahrensablauf der Erfindung ist in Fig. 1 anhand eines
Prozeßablaufes schematisch dargestellt, in der Fig. 2
tabellarisch erfaßt und in der nachfolgenden Beschreibung näher
erläutert.

Das in der Fig. 1 dargestellte, mit dem Bezugszeichen 10 be-
zeichnete Holzhackgut besteht aus Hackschnitzel aus Holzab-
fällen bzw. Rinden. Dieses Holzhackgut hat folgende Zusam-
men-
setzung:

H₂O Gewichtsprozent 80
Asche atro 1 %
Kohlenstoff Gewichtsprozent 50
Wasserstoff Gewichtsprozent 6
Sauerstoff Gewichtsprozent 43,7
Stickstoff Gewichtsprozent 0,3

Der untere Heizwert H_u liegt bei 3.700 kcal/kg bei 20 % atro

In der Fig. 1 sind mit "01 bis 013" verschiedene Zustände im Prozeß herausgegriffen, die in der Tabelle in Fig. 2 näher erläutert sind.

Im folgenden wird die Fig. 1 näher erläutert, wobei gewisse Daten der Tabelle in Fig. 2 zu entnehmen sind.

Das Holzhackgut 10 wird in dem darauffolgenden Zerkleinerer 11, z. B. ein Rotorhacker, auf eine Größe von 0 bis 40 mm gebracht. Eine darauf eventuell notwendige Sortiereinrichtung 12, z. B. eine Siebanlage, stellt sicher, daß der Feingutanteil kleiner als 10 % ist. Das so sortierte Gut wird sodann einer Trockneseinrichtung 13 insbesondere einem Durchlauftrockner zugeführt. In diesem Durchlauftrockner werden beispielsweise die Holzabfälle bzw. Rinden auf einen Feuchtegehalt von ca. 15 bis 20 % atro heruntergetrocknet. Als Durchlauftrockner wird ein an sich bekannter landwirtschaftlicher Satztrockner verwendet, der zu einem kontinuierlich arbeitenden Trockner für Hackschnitzel aus Holzabfällen bzw. Rinden umgebaut ist. Hierzu wird in den Trockner eine sog. "Untenentnahmefräse" installiert, die das getrocknete Material oberhalb des Siebbodens nach unten aus dem Silo heraustransportiert. Eine umlaufende Schnecke mit ansteigender Windung trägt das Material kontinuierlich auf der gesamten Grundfläche des Trockners aus.

Ggf. über einen nicht näher dargestellten Zwischenbunker wird die getrocknete Rinde der Vergasungsanlage bzw. dem Gaserzeugungsreaktor 14 zugeführt. Hier wird die zu vergasende Biomasse bei einer Temperatur von 1000 bis 1200° C vom festen in den gasförmigen Zustand überführt, wobei alle hochmolekularen organischen Verbindungen in elementare Bestandteile zerlegt werden. Das hierbei entstehende Gas ist reines Prozeßgas, frei von Phenolen und Teerölen.

Das im Vergasungsprozeß 14 gewonnene Gas wird in an sich bekannte Weise einem Gaskühler 15 und danach einer Gasreinigung 16 zugeführt, bevor es in einem Gasverbrennungsmotor 17 zunächst in mechanische und über einen Generator 18 in elektrische Energie (Bezugszeichen 19) umgewandelt wird.

Gemäß der Erfindung wird die im Durchlauftröckner 13 zum Trocknen erforderliche Wärme ausschließlich durch die im Verarbeitungsprozeß anfallende Abwärme, insbesondere auch Niedertemperaturabwärme gedeckt. Dies sind insbesondere die Abgase und Abluft des Verbrennungsmotors 17, sowie der Gaskühlungsanlage 15. In Sonderfällen kann die Abwärme, die bei der Vergasung im Gaserzeugungsreaktor frei wird ebenfalls genutzt werden (Abwärmeleitung 24). Es ist jedoch beabsichtigt, den Gaserzeugungsreaktor 14 außerordentlich stark zu isolieren, um möglichst lange eine Glut zu erhalten. In diesem Fall ist mit wenig Abwärme des Gaserzeugungsreaktors zu rechnen.

Während bestimmter Zeiten, z. B. im Sommer bei geringer Luft-

feuchtigkeit ist es darüber hinaus möglich auch außerhalb der Betriebszeit des Reaktors- und Gasmotors im oben genannten Trockner feuchte Holzabfälle bzw. Rinden zu trocknen.

Beim Verbrennungsvorgang des Schwachgases mit einem speziellen Motorvergaser wird - wie bekannt - das Gas bei einer Verbrennungstemperatur zwischen 1300 und 1400° C mit Luftsauerstoff zu Kohlendioxyd und Wasser vollkommen verbrannt. Die im Vergleich zu Ottomotoren geringen Verbrennungstemperaturen verhindern die bei Benzinmotoren und Feuerungsanlagen unerwünschte Bildung von Stickoxyden, so daß ein außerordentlich sauberes Abgas an die Umwelt abgegeben wird.

Auch der Staubgehalt des Abgases ist kaum meßbar, da das im Reaktor 14 erzeugte Gas vor dem Verbrennen im Verbrennungsmotor 17 der Gasreinigungsanlage 16 zugeführt wird, wobei es vorteilhaft und wichtig ist, daß die bei der Gasreinigung anfallenden Stoffe über die Leitung 20 in den Vergaser rückgeführt werden um dort vernichtet zu werden, so daß ein geschlossenes System erhalten bleibt.

Die im Verbrennungsmotor 17 (Luftzufuhr 27) beim Verbrennungsvorgang anfallenden Abgase weisen eine Austrittstemperatur von ca. 400° C auf. Die weiterhin erforderliche Motorkühlung ergibt bei Wasserkühlung Heizwasser mit einer Temperatur von ca. 90°, bei luftgekühlten Motoren Heißluft mit einer Temperatur von ca. 70 bis 100°. Über die Leitungen 21 werden die heißen Abgase über die Leitung 22 die Abluft aus Motorkühlung direkt dem Durch-

lauftrockner 13 zugeführt. Weiterhin fällt die Abwärme aus der Gaskühlungsanlage 15 an, in welcher das bei der Verschmelzung im Vergaser 14 mit ca. 500° C austretende Gas auf ca. 50° C abgekühlt wird. Die hierbei gewonnene Niedertemperaturwärme wird über die Leitung 23 ebenfalls dem Durchlauftrockner 13 zur Trocknung des feuchten Holzhackgutes zugeführt.

Bei dem Durchlauftrockner 13 handelt es sich um einen Silotrockner bekannter Bauart, bei welchem die im Prozeß gewonnene Abwärme mit Frischluft auf ein gleichmäßiges Niveau gebracht wird, so daß die Luft beispielsweise mit ca. 70° bis 90° C in den Silo gelangt. Am unteren Siloausgang wird eine Differenzmessung der Luftfeuchtigkeit vorgenommen, d. h. die Luftfeuchtigkeit wird am Austritt des Silos bestimmt. Hierdurch kann die Restfeuchtigkeit des zu trocknenden Gutes ermittelt und der kontinuierlich zu erfolgende Austrag geregelt werden. Es ist dabei vorgesehen, daß der kontinuierliche Austrag gestoppt wird, sofern sich die Restfeuchtigkeit des austretenden Gutes als zu hoch erweist.

Die Warmluft durchströmt von unten kommend, gleichmäßig auf die Fläche verteilt, einen Siebblockboden und damit das Trockengut im Gegenstromprinzip. Die Schütt Höhe ist abhängig vom Taupunkt.

Anhand eines nachfolgenden Rechenbeispiels soll nachgewiesen werden, daß mittels dem erfindungsgemäßen Verfahren eine wirtschaftliche Verwertung von Holzabfällen mit hohem Feuchtigkeitsgehalt mit einem Gesamtausnutzungsgrad von ca. 85 %

möglich ist. So beträgt der Restholzanfall beispielsweise 10.000 m³ Rinde und Hackschnitzel (lose und geschüttet) pro Jahr. Das Gut hat bei einem Feuchtegehalt von 80 % ein Gewicht von z. B. 3240 to. Bei Trocknung des Gutes auf 20 % Feuchte ergibt sich eine Gesamtmasse von 2160 to pro Jahr. Zur Trocknung des Materials von 80 % auf 20 % Feuchte müssen demnach 1080 to Wasser verdampft werden. Hierzu wird eine Wärmemenge von 1080 to $\times 930.000 \text{ kcal/to} = 1005 \times 10^6 \text{ kcal}$ benötigt. Bei einer Betriebszeit von 220 Arbeitstagen und einem 10 Stunden-Arbeitstag ergibt sich eine jährliche Arbeitszeit von 2.200 Stunden. Die erforderliche Kapazität eines Trockners beträgt für diese Betriebszeit ca. 0,5 to(atro)/Stunde.

Bei der Kombination von Krafterzeugung mittels Holzvergaser und Gasmotoren kann bei einer erzeugten elektrischen Leistung von 350 kW eine Wärmeleistung aus Kühlluft der Motorkühlung, Abgas der Motoren, Gaskühlung sowie Vergaseranlage-Abwärme in Höhe von ca. 546.000 kcal/Stunde genutzt werden. Dieser Wert wurde empirisch aus der erfindungsgemäßen Anlage ermittelt.

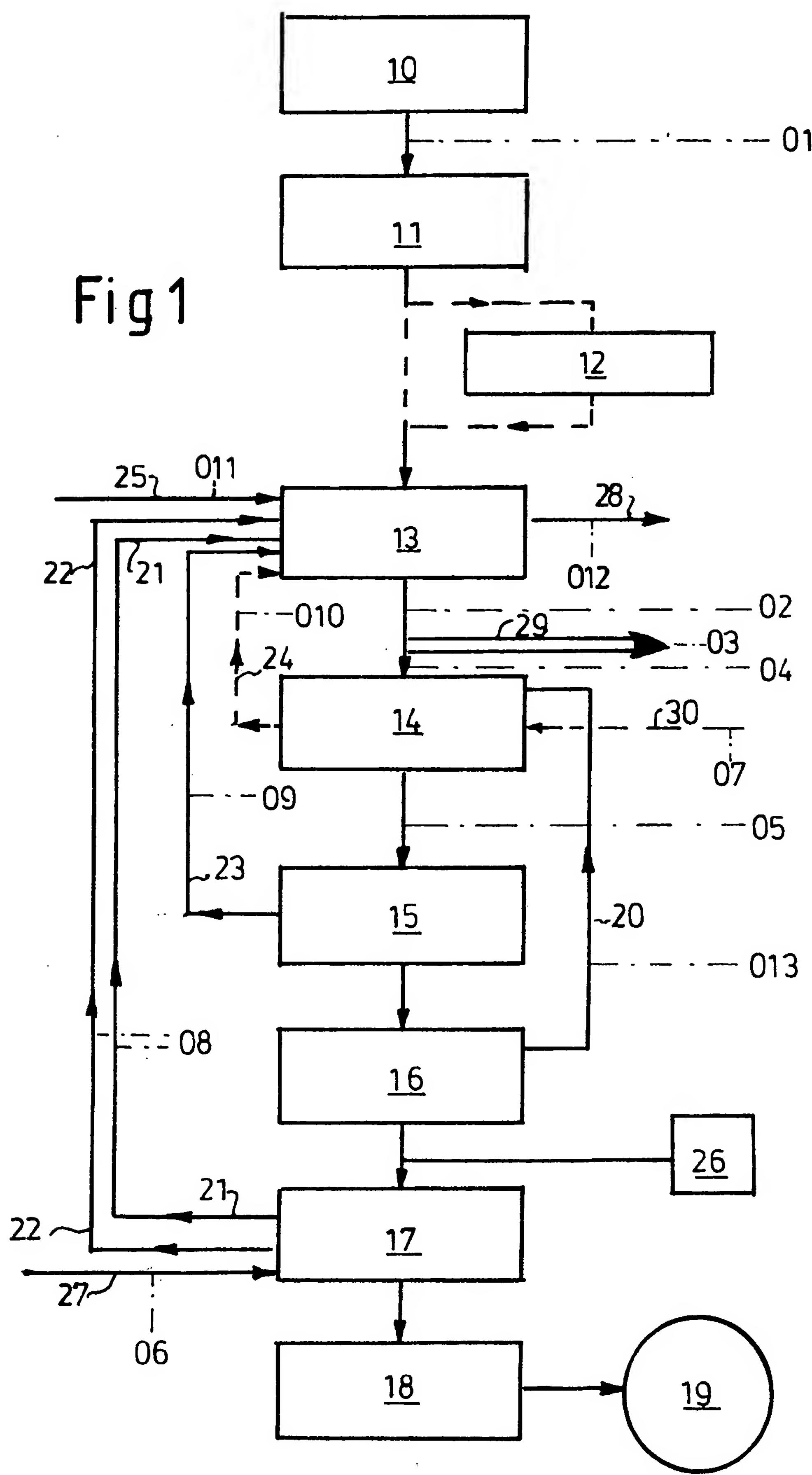
Zur Trocknung des Materials wird eine Wärmemenge von stündlich $1005 \times 10^6 \text{ kcal} : 2.200 \text{ Stunden pro Jahr} = 437.000 \text{ kcal}$ benötigt. Diese Wärmemenge kann demnach voll durch die Abwärme im Prozeß abgedeckt werden. Das erfindungsgemäße Verfahren hat sich deshalb wider Erwarten als wirtschaftlich erwiesen.

Von der insgesamt anfallenden trockenen Masse mit 20 % atro Restfeuchte von 2.160 to pro Jahr werden für den Vergasungsprozeß ca. 1020 to benötigt. Die restliche Menge von 1140 to können als Brennstoff (Bezugszeichen 29 in Fig. 1) für Heizanlagen abgegeben werden.

In der Fig. 2 ist mit 26 eine weitere Gasanalyse nach der Gasreinigung 16 wie folgt vorgesehen:

Wasserstoff: 13 bis 14 %
Kohlenmonoxyd: 19 bis 21 %
Methan: 1,3 bis 1,6 %
Kohlendioxyd: 12 %
Gastemperatur: ca. 50 °
unterer Heizwert pro m³: 1200 kcal.
Der Rest ist N₂ und H₂O.

In der Fig. 1 sind zusätzlich mit Bezugszeichen 27 die Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor 17 mit 28 die Abluft des Trockners 13 sowie mit 25 die Frischluftzufuhr zum Trockner 13 bezeichnet, sowie mit Bezugszeichen 30 die Luftzufuhr zum Gasreaktor 14.



Std. Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Brennstoff	kg/h	1480	930	520	470	1250							
Gas	Nm ³ /h												
Luft	Nm ³ /h												
Rauchgas	Nm ³ /h												
Absärme	kcal/h												
Filterrückstand	kg/h												
H ₂ O	kg/h												
Temperatur	°C	40	60	20	20	500	20	20	400	50	70	20	90
													20

Fig 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

BLACK BORDERS

IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

FADED TEXT OR DRAWING

BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

SKEWED/SLANTED IMAGES

COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

GRAY SCALE DOCUMENTS

LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.